

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of

Naoki Kanayama et al.

Group Art Unit:

Application No.:

Examiner:

Filing Date: April 20, 2004

Confirmation No.:

Title: ROTATIONAL ANGLE DETECTING DEVICE FOR A WAVE GEAR DEVICE

SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of the following priority foreign application(s) in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed.

Country: Japan

Patent Application No(s): 2003-126437

Filed: May 1, 2003

In support of this claim, enclosed is a certified copy(ies) of said foreign application(s). Said prior foreign application(s) is referred to in the oath or declaration. Acknowledgment of receipt of the certified copy(ies) is requested.

Respectfully submitted,

BURNS, DOANE, SWECKER & MATHIS, L.L.P.

P.O. Box 1404
Alexandria, Virginia 22313-1404
(703) 836-6620

Date: April 20, 2004

By William C. Rowland
William C. Rowland
Registration No. 30,888

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 5 月 1 日
Date of Application:

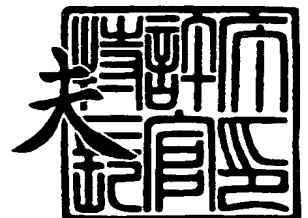
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 2 6 4 3 7
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 1 2 6 4 3 7]

出 願 人 株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ
Applicant(s):

2 0 0 4 年 1 月 1 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 1 1 1 7 5 4

【書類名】 特許願

【整理番号】 0303-01

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01B 21/22
F16H 1/32

【発明者】

【住所又は居所】 長野県南安曇郡穂高町大字牧 1 8 5 6 - 1 株式会社ハ
ーモニック・ドライブ・システムズ 穂高工場内

【氏名】 金山 尚樹

【発明者】

【住所又は居所】 長野県南安曇郡穂高町大字牧 1 8 5 6 - 1 株式会社ハ
ーモニック・ドライブ・システムズ 穂高工場内

【氏名】 堀内 雅士

【特許出願人】

【識別番号】 390040051

【氏名又は名称】 株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ

【代理人】

【識別番号】 100090170

【弁理士】

【氏名又は名称】 横沢 志郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014801

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 波動歯車装置の回転角度検出装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 環状の剛性内歯歯車と、可撓性外歯歯車と、前記可撓性外歯歯車を楕円形に撓めて前記剛性内歯歯車に部分的に噛み合わせ、両歯車の噛み合い位置を円周方向に移動させる楕円形輪郭の波動発生器とを有する波動歯車装置の回転角度検出装置において、

前記可撓性外歯歯車あるいは前記剛性内歯歯車に、円周方向に向けて、120度の角度間隔で配置された第1、第2および第3の歪み検出素子と、

前記第1ないし第3の歪み検出素子の出力から、波動発生器1回転当たり2周期の正弦波として現れる、波動発生器の回転角度に同期する信号成分を抽出する信号成分抽出手段と、

各歪み検出素子の出力から抽出された120度ずつ位相がずれている3相の正弦波信号に座標変換を施すことにより、90度位相がずれた2相の正弦波信号を生成する信号処理手段と、

前記2相の正弦波信号に基づき、前記波動発生器の回転角度を算出する角度算出手段と、

を有している波動歯車装置の回転角度検出装置。

【請求項 2】 請求項 1 において、

前記可撓性外歯歯車は、筒状胴部と、この筒状胴部の一端から半径方向の外側あるいは内側に広がっている環状のダイヤフラムと、このダイヤフラムの外周縁あるいは内周縁に連続している厚肉のボスと、前記筒状胴部の他端開口部の外周面部分に形成されている外歯とを備えていることを特徴とする波動歯車装置の回転角度検出装置。

【請求項 3】 請求項 2 において、

前記第1ないし第3の歪み検出素子は、前記可撓性外歯歯車に配置されていることを特徴とする波動歯車装置の回転角度検出装置。

【請求項 4】 請求項 1、2 または 3 において、

前記第1ないし第3の歪み検出素子のそれぞれは、複数枚の歪みゲージを備え

ていることを特徴とする波動歯車装置の回転角度検出装置。

【請求項 5】 サーボモータと、波動歯車装置と、請求項 1 ないし 4 のうちのいずれかの項に記載の波動歯車装置の回転角度検出装置とを有し、

前記サーボモータのモータ軸が前記波動歯車装置の波動発生器に連結固定されており、

前記モータ軸の回転角度が前記回転角度検出装置によって検出されることを特徴とする駆動機構。

【請求項 6】 環状の剛性内歯歯車と、可撓性外歯歯車と、前記可撓性外歯歯車を楕円形に撓めて前記剛性内歯歯車に部分的に噛み合わせ、両歯車の噛み合い位置を円周方向に移動させる楕円形輪郭の波動発生器とを有する波動歯車装置における前記波動発生器の回転角度を検出する回転角度検出方法において、

前記可撓性外歯歯車あるいは前記剛性内歯歯車に、円周方向に向けて、120度の角度間隔で、第 1、第 2 および第 3 の歪み検出素子を配置し、

前記第 1 ないし第 3 の歪み検出素子の出力から、波動発生器 1 回転当たり 2 周期の正弦波として現れる、波動発生器の回転角度に同期する信号成分を抽出し、

各歪み検出素子の出力から抽出された 120 度ずつ位相がずれている 3 相の正弦波信号に座標変換を施すことにより、90 度位相がずれた 2 相の正弦波信号を生成し、

前記 2 相の正弦波信号に基づき、前記波動発生器の回転角度を算出することを特徴とする波動歯車装置の回転角度検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は波動歯車装置に取り付けた歪み検出素子の出力に基づき、当該波動歯車装置の波動発生器の回転角度を検出可能な回転角度検出装置および検出方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

波動歯車装置は、一般に、環状の剛性内歯歯車と、この内側に配置された可撓

性外歯歯車と、楕円形輪郭の波動発生器とを備えている。可撓性外歯歯車は、波動発生器によって楕円形に撓められて、楕円形の長軸方向の両端位置において剛性内歯歯車に噛み合っている。波動発生器をモータ等によって回転すると、両歯車の回転位置が周方向に移動し、両歯車の歯数差に応じて減速された回転出力が、両歯車の一方から取り出される。

【0 0 0 3】

波動歯車装置のトルクセンサとしては、波動発生器による可撓性外歯歯車の周期的な変位による誤差成分を除去するために、可撓性外歯歯車のダイヤフラムに対してその中心軸線回りに所定の角度間隔で複数組の歪みゲージを貼り付けた構成のものが知られている。複数組の歪みゲージからの出力に基づき、伝達トルクに関係のない可撓性外歯歯車の変位に基づく誤差成分（回転リップル）を除去できるので、精度良くトルク検出を行うことができる。

【0 0 0 4】

ここで、楕円形に撓まされる可撓性外歯歯車は1回転当たり2周期の割合で半径方向に繰り返し撓まされる。従って、歪みゲージの出力には波動発生器1回転当たり2周期で正弦波状に変化する誤差成分が含まれている。本願人は、かかる誤差成分を利用して波動歯車装置の出力部材である可撓性外歯歯車あるいは剛性内歯歯車の回転角度を検出することを次の特許文献において提案している。

【0 0 0 5】

【特許文献】

特開平 1 0 - 1 9 5 5 4 号公報

【0 0 0 6】

【発明が解決しようとする課題】

波動歯車装置は、ACサーボモータなどと組み合わされて、産業用ロボット、精密加工装置などにおける駆動機構として利用されている。このような駆動機構では、モータの駆動制御のためにモータ軸の回転角度検出が必須である。

【0 0 0 7】

本発明の課題は、波動歯車装置に配置した歪みゲージなどの歪み検出素子の出力に基づきモータ出力軸に連結されている波動発生器の回転角度を検出可能とし

、以って、モータ軸の角度検出器を不要にすることのできる波動歯車装置の回転角度検出装置および方法を提案することにある。

【0 0 0 8】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するために、本発明は、環状の剛性内歯歯車と、可撓性外歯歯車と、前記可撓性外歯歯車を楕円形に撓めて前記剛性内歯歯車に部分的に噛み合わせ、両歯車の噛み合い位置を円周方向に移動させる楕円形輪郭の波動発生器とを有する波動歯車装置の回転角度検出装置において、

前記可撓性外歯歯車あるいは前記剛性内歯歯車に、円周方向に向けて、1 2 0 度の角度間隔で配置された第 1、第 2 および第 3 の歪み検出素子と、

前記第 1 ないし第 3 の歪み検出素子の出力から、波動発生器 1 回転当たり 2 周期の正弦波として現れる波動発生器の回転角度に同期する信号成分を抽出する信号成分抽出手段と、

各歪み検出素子の出力から抽出された 1 2 0 度ずつ位相がずれている 3 相の正弦波信号に座標変換を施すことにより、9 0 度位相がずれた 2 相の正弦波信号を生成する信号処理手段と、

前記 2 相の正弦波信号に基づき、前記波動発生器の回転角度を算出する角度算出手段と、

を有していることを特徴としている。

【0 0 0 9】

本発明によれば、歪み検出素子の出力に基づき波動発生器の回転角度を検出できる。よって、波動発生器が連結固定される A C サーボモータなどのモータ軸の回転角度を検出できる。このため、モータの側にモータ軸の角度検出器が不要になり、モータと波動歯車装置からなる駆動機構の小型、コンパクト化、および低コスト化を実現できる。

【0 0 1 0】

ここで、前記可撓性外歯歯車は、筒状胴部と、この筒状胴部の一端から半径方向の外側あるいは内側に広がっている環状のダイヤフラムと、このダイヤフラムの外周縁あるいは内周縁に連続している厚肉のボスと、前記筒状胴部の他端開口

部の外周面部分に形成されている外歯とを備えた構成のものを用いることができる。

【0 0 1 1】

また、前記第 1 ないし第 3 の歪み検出素子を前記可撓性外歯歯車に配置することができる。

【0 0 1 2】

さらに、前記第 1 ないし第 3 の歪み検出素子として、複数枚の歪みゲージを用いることができる。

【0 0 1 3】

次に、本発明は駆動機構に関するものであり、本発明の駆動機構は、サーボモータと、波動歯車装置と、上記構成の波動歯車装置の回転角度検出装置とを有し、前記サーボモータのモータ軸が前記波動歯車装置の波動発生器に連結固定されており、前記モータ軸の回転角度が前記回転角度検出装置によって検出されることを特徴としている。

【0 0 1 4】

一方、本発明は、環状の剛性内歯歯車と、可撓性外歯歯車と、前記可撓性外歯歯車を楕円形に撓めて前記剛性内歯歯車に部分的に噛み合わせ、両歯車の噛み合い位置を円周方向に移動させる楕円形輪郭の波動発生器とを有する波動歯車装置における前記波動発生器の回転角度を検出する回転角度検出方法において、

前記可撓性外歯歯車あるいは前記剛性内歯歯車に、円周方向に向けて、120度の角度間隔で、第 1、第 2 および第 3 の歪み検出素子を配置し、

前記第 1 ないし第 3 の歪み検出素子の出力から、波動発生器 1 回転当たり 2 周期の正弦波として現れる波動発生器の回転角度に同期する信号成分を抽出し、

各歪み検出素子の出力から抽出された 120 度ずつ位相がずれている 3 相の正弦波信号に座標変換を施すことにより、90 度位相がずれた 2 相の正弦波信号を生成し、

前記 2 相の正弦波信号に基づき、前記波動発生器の回転角度を算出することを特徴としている。

【0 0 1 5】

【発明の実施の形態】

以下に、図面を参照して、本発明を適用した駆動機構の例を説明する。

【0016】

図1は駆動機構を示す説明図である。本例の駆動機構1は、トルクセンサと角度検出器を一体で構成した場合の例である。

【0017】

駆動機構1は、ACサーボモータ2と、減速装置である波動歯車装置3と、駆動制御回路部4とを有している。駆動制御回路部4には、トルク検出部5および回転角度検出部6を含む信号処理回路7から、波動歯車装置2の伝達トルク情報およびその波動発生器の回転角度情報が入力される。トルク検出部5および回転角度検出部6には3組のトルクセンサ11～13から検出信号が入力される。トルクセンサ11～13とトルク検出部5によってトルク検出装置が構成されている。また、本例では、トルクセンサ11～13と回転角度検出部6とによって回転角度検出装置が構成されている。

【0018】

波動歯車装置3は、環状の剛性内歯歯車21と、カップ状の可撓性外歯歯車22と、楕円形輪郭の波動発生器23とを備えている。可撓性外歯歯車22には波動発生器23がはめ込まれ、楕円形に撓められている。この結果、可撓性外歯歯車22の長軸方向の両端部分が剛性内歯歯車21に噛み合っている。波動発生器23はACサーボモータ1のモータ軸1aに連結固定されている。波動発生器23が回転すると、両歯車21、22の噛み合い位置が周方向に移動し、両歯車の歯数差に応じた相対回転が両歯車の間に発生する。例えば、剛性内歯歯車21が固定されており、相対回転が可撓性外歯歯車22から減速回転出力として取り出されて負荷側（図示せず）に伝達される。

【0019】

可撓性外歯歯車22は、円筒状胴部221と、円筒状胴部221の一端を封鎖している円盤状のダイヤフラム222と、このダイヤフラム222の中心部分に形成されている厚肉のボス223と、円筒状胴部221の他端開口部の外周面部分に形成された外歯224とを備えている。

【 0 0 2 0 】

図 2 は波動歯車装置 2 の可撓性外歯歯車 2 2 のダイヤフラム 2 2 2 に貼り付けられた 3 組のトルクセンサ 1 1 ~ 1 3 の位置を示す説明図である。トルクセンサ 1 1 ~ 1 3 は、装置軸線 2 a を中心として、1 2 0 度の角度間隔となるように配置されている。各トルクセンサ 1 1 ~ 1 3 は、それぞれ、9 0 度で交差する状態でダイヤフラム 2 2 2 に貼り付けられた 2 枚の歪みゲージ 1 1 a、1 1 b、1 2 a、1 2 b および 1 3 a、1 3 b を備えている。これらの歪みゲージ 1 1 a ~ 1 3 b によりブリッジ回路が構成され、その出力がトルク検出部 5 に入力され、伝達トルクが算出される。

【 0 0 2 1 】

これに対して、回転角度検出部 6 では、3 組のトルクセンサ 1 1 ~ 1 3 の出力から、波動発生器 2 3 の 1 回転当たり 2 周期の正弦波として現れる誤差成分（回転リップル）を抽出する。換言すると、波動発生器 2 3 の回転角度に同期する信号成分を抽出する。各トルクセンサ 1 1 ~ 1 3 の出力から抽出された誤差成分は、図 3 に示すように、1 2 0 度ずつ位相がずれている 3 相の正弦波信号 1 1 S、1 2 S、1 3 S として得られる。図 3 のグラフの横軸は波動発生器 2 3 の回転角度である。次に、回転角度検出部 6 では、3 相の正弦波信号 1 1 S、1 2 S、1 3 S に座標変換を施すことにより、9 0 度位相がずれた 2 相の正弦波信号 A、B を生成する。これらの正弦波信号 A、B を図 4 に示してある。回転角度検出部 6 では、9 0 度位相のずれた 2 相の正弦波信号 A、B に基づき、逆正接（ \arctan ）演算を行うことにより、波動発生器 2 3 の回転角度を算出する。

【 0 0 2 2 】

すなわち、回転角度検出部 6 では、ある瞬間におけるトルクセンサ 1 1 ~ 1 3 の出力電圧（図 3 の各正弦波信号 1 1 S ~ 1 3 S の電圧値）を読み込み、これら 3 つの値から座標変換により 2 つの値（図 4 の各正弦波信号 A、B 上の値）を生成し、これらの値を逆正接演算して、波動発生器 2 3 の回転角度を算出している。

【 0 0 2 3 】

このように、本例の駆動機構 1 では、減速装置である波動歯車装置 3 のトルク

センサ 1 1 ~ 1 3 の出力に含まれている誤差成分を利用して、回転角度検出部 6 において波動発生器 2 3 の回転角度を検出している。波動発生器 2 3 はモータ軸 1 a に連結固定されているので、モータ軸 1 1 a の回転角度検出器を別途、配置することなく、モータ軸 1 1 a の回転角度を検出できる。

【 0 0 2 4 】

なお、図 5 には、上記構成の波動歯車装置 3 を用いて行った実験データを示してある。図 5 (a) は、各トルクセンサ 1 1 ~ 1 3 の出力から抽出された 3 相の正弦波信号 1 1 S ~ 1 3 S を示してある。3 相の正弦波信号 1 1 S ~ 1 3 S を 3 次元空間内にプロットすると、原点を通り (1 , 1 , 1) 座標を法線ベクトルとする平面上に真円を描く。3 次元空間の回転座標変換を 2 回行くと、円の置かれた平面を空間座標の x y 平面に重ねることができる。必要な回転変換は、y 軸回りに -45° 、x 軸回りに $\arcsin(1/\sqrt{3})^{\circ}$ である。実データと付き合わせるためには、データ計測の始点を揃えるために z 軸回りにも回転変換が必要になる。図 5 (b) には 3 相の正弦波信号 1 1 S ~ 1 3 S の座標変換により得られた 2 相の正弦波信号 A、B を示してあり、これらの信号は z 軸回りに 24.74° の回転変換を行った結果である。

【 0 0 2 5 】

図 5 (c) は、2 相の正弦波信号 A、B から逆正接を求めることにより得られた角度計算値を示すグラフである。

【 0 0 2 6 】

(その他の実施の形態)

上記の説明は、可撓性外歯歯車がカップ状のものであるが、その他の形状、例えば、シルクハット状の可撓性外歯歯車を備えている場合にも同様に適用できる。

【 0 0 2 7 】

また、トルクセンサの配置場所は、可撓性外歯歯車におけるダイヤフラム以外の部分であってよい。可撓性外歯歯車の代わりに、剛性内歯歯車の側に配置することもできる。

【 0 0 2 8 】

さらに、トルクセンサとしては、接触型の歪みゲージの他に、非接触型の磁歪検出素子などを用いることもできる。

【0 0 2 9】

一方、上記の例は、トルクセンサと回転角度検出器とが一体で構成されている例である。回転角度検出器を単独で構成する場合においても、歪みゲージなどの歪み検出素子が可撓性外歯歯車や剛性内歯歯車に配置される。例えば、可撓性外歯歯車のダイヤフラムに貼り付けられる。この場合には、貼り付けた歪みゲージによって、引張り・圧縮歪みが測定されることになるので、ダイヤフラムの半径方向に平行な方向およびそれに直交する方向に一对の歪みゲージが貼り付けられる。

【0 0 3 0】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の波動歯車装置の回転角度検出装置および方法では、歪み検出素子の出力に含まれている波動発生器 1 回転当たり 2 周期の正弦波状に変化する波動発生器の回転角度に同期する信号成分を利用して、波動発生器の回転角度を検出している。従って、当該回転角度検出装置を備えた波動歯車装置がモータ軸に連結された構成の駆動機構においては、モータ軸の回転角度検出器を設けることなくモータ軸の回転角度を検出できる。よって、駆動機構の小型・コンパクト化および低コスト化を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明を適用した駆動機構の例を示す概略構成図である。

【図 2】

図 1 の波動歯車装置の波動発生器に取り付けたトルクセンサの位置を示す説明図である。

【図 3】

トルクセンサの出力から抽出された 3 相の正弦波信号を示すグラフである。

【図 4】

3 相の正弦波信号を座標変換することにより得られた 2 相の正弦波信号を示す

グラフである。

【図 5】

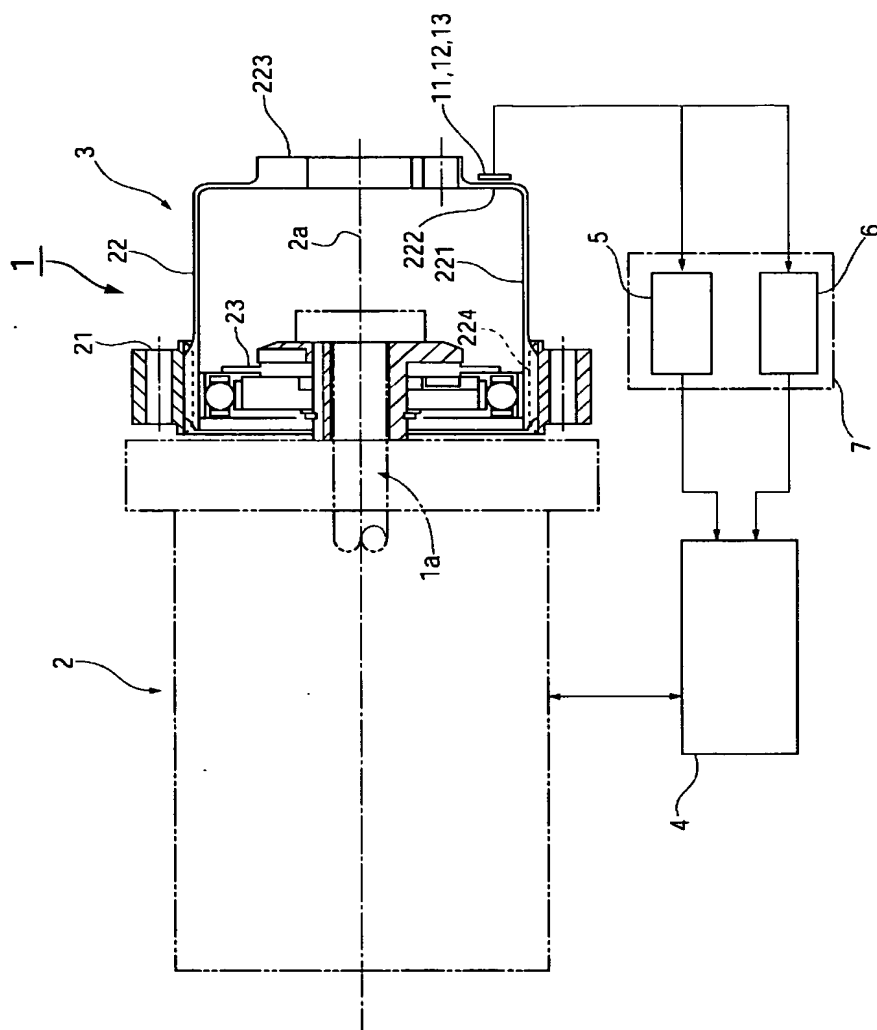
図 1 の波動歯車装置のトルクセンサから得られる出力から求めた 3 相の正弦波信号、2 相の正弦波信号、および角度出力値の計算結果の例を示すグラフである。

【符号の説明】

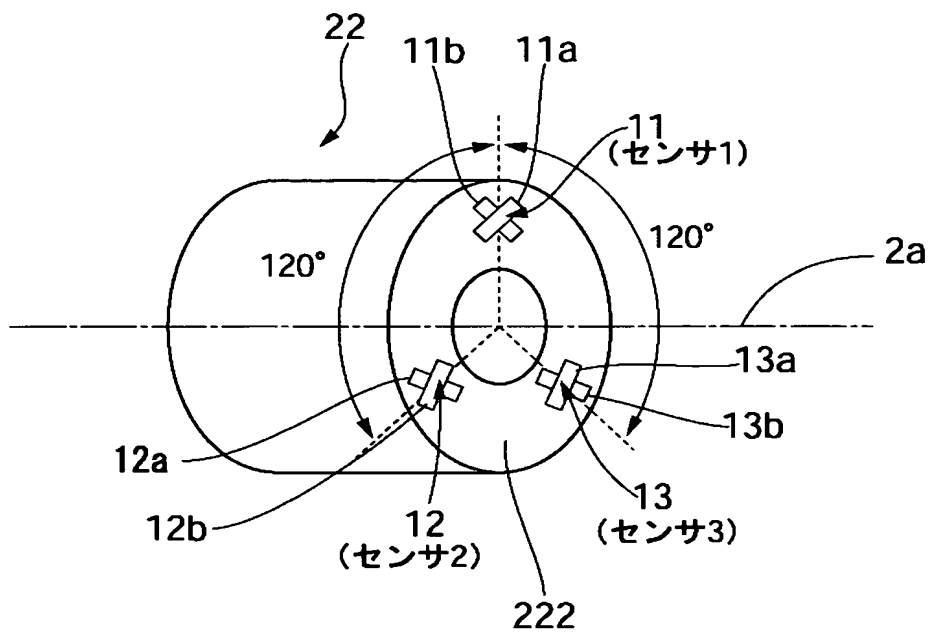
- 1 駆動機構
- 2 モータ
- 3 波動歯車装置
- 4 駆動制御回路部
- 5 トルク検出部
- 6 回転角度検出部
- 7 信号処理回路
- 2 2 可撓性外歯歯車
- 2 3 波動発生器
- 2 2 2 ダイヤフラム
- 1 1、1 2、1 3 トルクセンサ
- 1 1 S、1 2 S、1 3 S 3 相の正弦波信号
- A、B 2 相の正弦波信号

【書類名】 図面

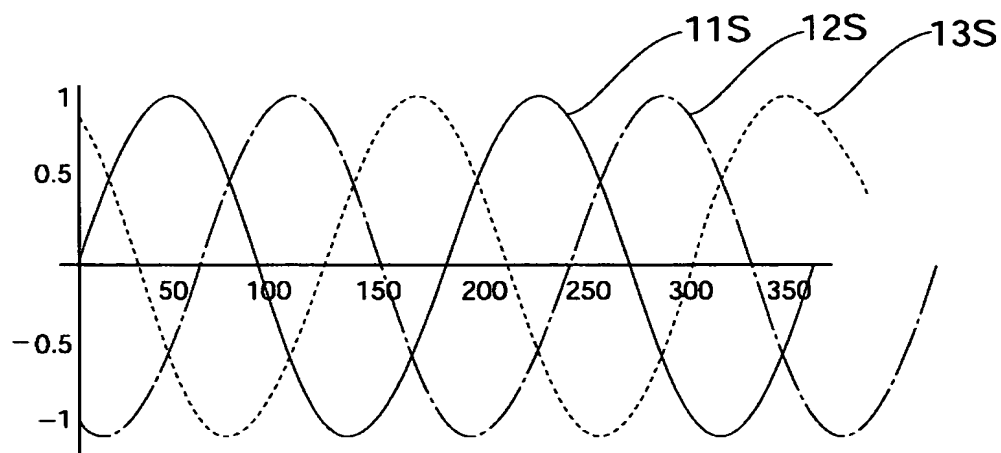
【図 1】



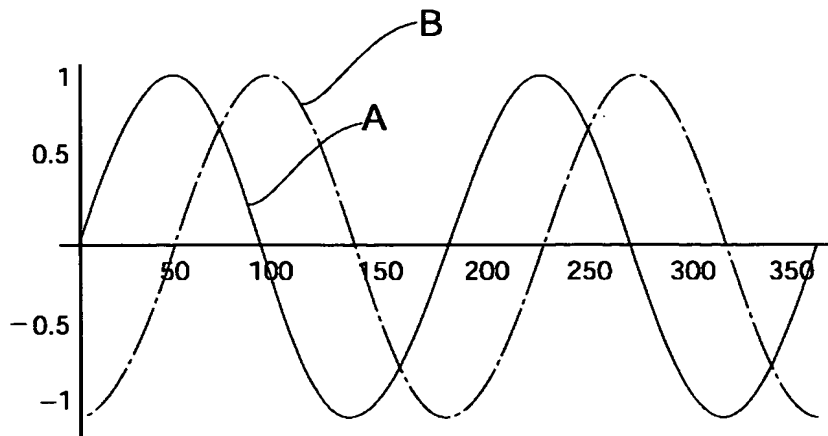
【図 2】



【図 3】



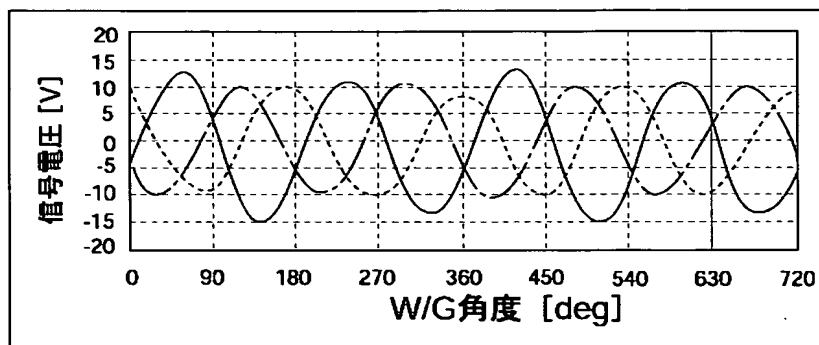
【図 4】



【図 5】

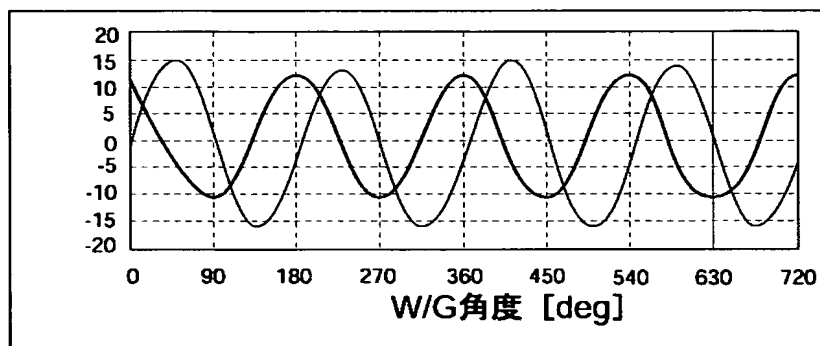
実験データによる計算値

(a)



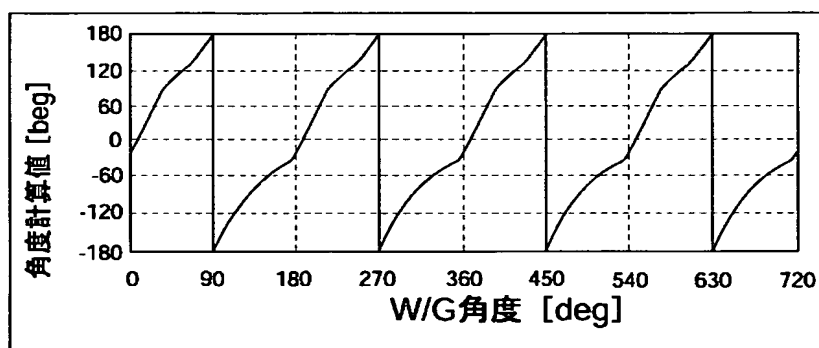
歪みゲージから得られた3相信号

(b)



座標変換により得られた2相信号

(c)



2相信号を逆正接演算したもの

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 歪み検出素子の出力から波動発生器の回転角度を検出可能な波動歯車装置の回転角度検出装置を提案すること。

【解決手段】 駆動機構 1 は、モータ 2 と波動歯車装置 3 を備えており、波動歯車装置 3 の可撓性外歯歯車 2 2 のダイヤフラム 2 2 2 には、1 2 0 度の角度間隔で 3 組のトルクセンサ 1 1 ~ 1 3 が取り付けられている。信号処理回路 7 の回転角度検出部 6 では、トルクセンサ出力に含まれている波動発生器 2 3 の 1 回転当たり 2 周期で正弦波状に変化する、波動発生器の回転角度に同期する信号成分を抽出し、得られた 3 相の正弦波信号 1 1 S ~ 1 3 S を座標変換して 9 0 度位相のずれた 2 相の正弦波信号 A、B を算出し、これらの信号に基づき波動発生器 2 3 の回転角度を求める。回転角度検出器を設けることなく、トルクセンサ出力を利用して波動発生器 2 3 の回転角度を検出できる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 1 2 6 4 3 7
受付番号	5 0 3 0 0 7 2 9 8 8 5
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0 0 9 0
作成日	平成 1 5 年 5 月 2 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成15年 5月 1日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 3 - 1 2 6 4 3 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [3 9 0 0 4 0 0 5 1]

1. 変更年月日 1 9 9 3 年 4 月 1 6 日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都品川区南大井 6 丁目 2 5 番 3 号

氏 名 株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ